



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

p/1336-101 #3

1c542 U.S. PTO  
09/102939  
06/23/98

## Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

## Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

## Attestazione

Gli allegati documenti sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 12. Jun. 98

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentgesuche  
Demandes de brevet  
Domande di brevetto

U. Kohler

**BLANK PAGE**

**Patentgesuch Nr. 1997 1520/97**

**HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)**

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

**Titel:**

Kompressionsverfahren für Aufnahmen von Umgebungsgeräusch, Verfahren zum Auffinden von Programmteilen darin, und Vorrichtung dazu.

**Patentbewerber:**

Liechti AG  
Unterholzstrasse 10  
4566 Kriegstetten

**Vertreter:**

Ammann Patentanwälte AG Bern  
Schwarztorstrasse 31  
3001 Bern

Anmeldedatum: 23.06.1997

Voraussichtliche Klassen: G06K

BLANK PAGE

KOMPRESSIONSVORFAHREN FÜR AUFNAHMEN VON UMGEBUNGSGERÄUSCH,  
VORFAHREN ZUM AUFFINDEN VON PROGRAMMANTEILEN DARIN, UND  
VORRICHTUNG DAZU

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren  
gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Im weiteren betrifft die  
Erfindung auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses  
Verfahrens.
- 10 In der Zuhörerforschung, wobei auch die akustische  
Wahrnehmung anderer Medien wie z. B. Fernsehen umfasst ist,  
werden Aufnahmen der akustischen Umgebung eines  
Umfrageteilnehmers verwendet, die sog. Hörproben. Bekannt  
ist die Speicherung der Hörproben auf tragbaren
- 15 Magnetbandgeräten gemäss der US-5 023 929. Nachteil hieran  
ist, dass dieses Magnetbandgerät relativ gross ist und  
trotzdem dauernd vom Umfrageteilnehmer mitgeführt werden  
muss.
- 20 Vorzuziehen wäre daher die Integration des  
Hörprobenaufnehmers oder Monitors in ein Gerät, das  
normalerweise mitgeführt wird oder wenigstens unauffälliger  
mitgeführt werden kann. Eine solche Möglichkeit ist in der  
EP-A-0 598 682 der Anmelderin angesprochen, nämlich die
- 25 Integration in eine Armbanduhr. Diese Schrift wird hiermit  
in die vorliegende Beschreibung integriert.

Diese Schrift gibt jedoch keine Lösung an, wie Hörproben  
über einen längeren Zeitraum, wünschenswert ist mindestens

30 eine Woche, unter den extrem beengten Raumverhältnissen und  
der äusserst knappen Energie in einer Armbanduhr oder einem  
ähnlich unauffälligen Gerät gespeichert werden kann.  
Komprimierungsverfahren werden in dieser Schrift zwar als  
notwendig erwähnt, jedoch nur auf vorbekannte Verfahren dazu

35 hingewiesen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Komprimierungsverfahren insbesondere für Hörproben anzugeben, mit dem eine hochgradige Komprimierung bei  
5 minimalem Aufwand erzielt werden kann, wobei die Erkennungssicherheit von Programmanteilen in Hörproben im wesentlichen erhalten bleiben soll.

Ein solches Verfahren ist im Anspruch 1 angegeben. Die  
10 weiteren Ansprüche nennen bevorzugte Ausführungsformen, Vorrichtungen zur Ausführung desselben und Anwendungen.

Im folgenden wird die Terminologie wie bei der EP-A-0 598 682 verwendet. Eine Hörprobe ist grundsätzlich eine  
15 Aufnahme des Umgebungsgeräuschs z. B. mittels eines Mikrofons. Zur Reduktion des Aufwands für die Speicherung und auch die Übertragung zur Auswertungszentrale wird jedoch bevorzugt eine Folge von kurzen Umgebungsgeräuschaufnahmen oder Hörproben vorgenommen, die zu bestimmten Zeitpunkten  
20 aufgezeichnet werden. Bevorzugt erfolgt dies in regelmässigen Zeitabständen und mit jeweils konstanter Dauer, z. B. in Abständen von 1 Minute und mit einer Dauer in der Grössenordnung von 4 Sekunden, und die Zeitangaben über die Aufnahme werden jeweils mit der Hörprobe zusammen  
25 gespeichert.

Gemäss der Erfindung werden die Hörproben letztendlich in digitalisierter Form in einem elektronischen Speicher abgelegt. Erfindungsgemäss wird zur Reduktion der zu  
30 speichernden Datenmenge eine Normierung der Hörproben in der ursprünglichen oder einer davon abgeleiteten Form (gefiltert, auf Frequenzbänder beschränkt, digital oder analog usw.) auf einen vorgegebenen (Werte- oder Amplituden-)Bereich D und anschliessend eine nichtlineare  
35 Abbildung auf einen zweiten Bereich W durchgeführt, deren

Resultat, das auf den Bereich W beschränkt ist, dann in einem elektronischen Speicher festgehalten wird. Der Bereich W ist dabei kleiner oder gleich D, bevorzugt jedoch deutlich kleiner.

5

Die nichtlineare Abbildung dient im wesentlichen dazu, sensible Bereiche des Bereichs D zu verstärken, so dass die höherwertige Information, die durch ein Signal mit einem Wert in einem solchen Unterbereiche von D geliefert wird, im  
10 Resultat betont, d. h. höher aufgelöst erscheint.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind wie folgt:

15 - Die nichtlineare Abbildung ist durch eine mit zunehmenden Werten in D abnehmende Steigung  $dW/dD$  gekennzeichnet, z. B. ähnliche der Logarithmusfunktion. Im wesentlichen wird dadurch der Bereiche kleiner Werte in D auf einen verhältnismässig grösseren Bereich in W abgebildet und somit hervorgehoben, während grosse Werte in D nur in  
20 einen relativ kleinen Bereich in W abgebildet werden, also in ihrer Bedeutung abgeschwächt werden.

- Die Hörproben werden sofort nach der Aufnahme (z. B. durch ein Mikrofon) und analoger Aufbereitung (Verstärkung;  
25 Grobfilterung zur Vorbereitung auf Analog-Digital-Wandlung; etc.) digitalisiert, woraus eine Folge von Zahlenwerten resultiert. Jeder Zahlenwert repräsentiert z. B. die momentane Lautstärke des Umgebungsgeräusches zu einem bestimmten Zeitpunkt.

30

Die weitere Verarbeitung erfolgt dann digital durch Digitalschaltungen, programmgesteuerte Prozessoren oder gemischte Anordnungen daraus.

- Die Amplituden- oder Lautstärkewerte werden, z. B. durch quadrieren, in Energiewerte umgewandelt. Die Energiewerte werden einer Tiefpassfilterung unterzogen und danach differenziert. Die Differenzierung wird dabei bevorzugt durch eine Differenzenbildung nachgebildet. Es ergeben sich daraus Energieänderungswerte, die die zeitliche Änderung der niederfrequenten Anteile des Energieinhalts gegen die Zeit angeben.
- 10 - Die Gruppe der Energieänderungswerte einer Hörprobe, oder auch jeweils nur ein Teil davon, werden auf den Maximalwert der Werte innerhalb der (Teil-)Gruppe normiert. Hierzu wird der Maximalwert bestimmt und alle Werte der Gruppe durch diesen Maximalwert geteilt.
- 15 Gleichzeitig damit werden die normierten Werte auf einen vorgegebenen Zahlenbereich entsprechend dem Bereich D abgebildet, z. B. auf den Zahlenbereich -128 - +127, so dass nachfolgend nur noch Ganzzahl-Arithmetik anfällt. Bevorzugt ist die Anzahl Werte in diesen Zahlenbereichen D
- 20 also durch Potenzen von 2 gegeben (im Beispiel:  $256 = 2^8$  Werte), die bei binärer digitaler Verarbeitung besonders vorteilhaft sind. Für die Durchführung der Normierung zusammen mit dieser Abbildung werden die Werte einer Gruppe mit einem Faktor multipliziert, der sich aus der
- 25 Division des Grenzwerts des Zahlenbereiches (im Beispiel: 128) durch den Maximalbetrag innerhalb der Gruppe ergibt.
- Die Resultate aus diesem Schritt werden nochmals auf einen weiteren, kleineren Wertebereich W abgebildet, z. B. den
- 30 Zahlenbereich 0 - 15 mit  $2^4 = 16$  Zahlen. Wegen der festen und relativ geringen Anzahl Werte der Eingangsdaten dieses Schrittes kann bevorzugt eine "look-up table" für diese zweite Abbildung eingesetzt werden.
- 35 Insgesamt ergibt sich aus dem Vorhergesagten, dass jeder



Hörprobenzahlenwert auf eine relativ kurze Binärzahl (im Beispiel mit 4 Bit) reduziert wird.

- 5 - Es werden noch weitere Optimierungen angewandt, wie z. B. Mittelung über eine Anzahl Werte, wobei nur der Mittelwert weiter verwendet wird. Dadurch ergibt sich auch eine starke Reduktion der Anzahl der zu verarbeitenden Werte. Digital wird eine solche Filterung durch eine Faltung nachgebildet.
- 10 - Es erfolgt eine Aufspaltung der Hörprobe vor oder nach der Eingangsdigitalisierung in Frequenzbänder oder Bandsignale. Filterungen können bekanntermassen digital durch Faltungen durchgeführt werden, wobei bevorzugt, da
- 15 die Faltungen Tiefpassfilterungen darstellen, jeweils weniger Werte als für die Faltung verwendet, bevorzugt nur je ein Wert, den nachfolgenden Verarbeitungsstufen zugeführt wird.
- 20 Die Erfindung soll weiter an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf Figuren erläutert werden.
- Figur 1 zeigt ein Blockdiagramm eines erfindungsgemässen Monitors;
- 25 Figur 2 zeigt die Aufteilung in Frequenzbänder;
- Figur 3 zeigt die Umwandlung in Energiewerte und Differenzierung;
- 30 Figur 4 zeigt die normalisierende Quantisierung.

Figur 1 zeigt ein Blockdiagramm eines Monitors 1. Es wird dabei an die Integration in eine Armbanduhr gedacht, weswegen der Monitor 1 einen Uhrenschaltkreis 2, der auch

als Zeitbasis für die Signalverarbeitung dient, und eine Anzeige 3 (LCD-Display) aufweist. Für den Schaltkreis 2 und die Anzeige 3 können marktgängige Bauteile verwendet werden. Zur Erzeugung eines genauen Taktes dient ein Quarz 4 in

5 Verbindung mit einer Oszillatorschaltung, die im Uhrenschaltkreis 2 integriert ist. Da für die Synchronisierung der Hörproben mit den Vergleichsproben eine hochgenaue absolute Zeitmessung nötig ist, ist zusätzlich eine Temperaturkompensation vorgesehen. Diese umfasst einen

10 Temperatursensor 5, der über einen Interfaceschaltkreis 6 mit dem Uhrenschaltkreis 2 verbunden ist. Die Interfaceschaltung 6 umfasst im wesentlichen einen A/D-Wandler.

15 Für die Monitorfunktion wichtig ist noch der Tragedetektor 7. Er kann im wesentlichen aus einer Sensorfläche an der Armbanduhr bestehen, der den Hautkontakt mit dem Träger erfasst. Im Ausführungsbeispiel ist der Tragesensor 7 über eine Interfaceschaltung 8 mit dem Uhrenschaltkreis 2

20 verbunden, was voraussetzt, dass der Uhrenschaltkreis die Zeitangaben mit einer zusätzlichen Markierung für den Tragesensor versehen kann. Denkbar ist auch, den Tragesensor direkt mit der eigentlichen Monitorschaltung, z. B. dem digitalen Signalprozessor 9, zu verbinden.

25 Vom Zeitbasistakt, der am einen Anschluss 10 des Quarzes 4 abgegriffen wird, werden durch eine PLL-Schaltung 11 (PLL: phase-locked-loop) die für die Signalverarbeitung nötigen Taktsignale, insbesondere für den Signalprozessor 9,

30 abgeleitet. Uhrzeit und Datum sowie gegebenenfalls die Markierung vom Tragesensor werden über eine serielle Datenverbindung 12 vom Uhrenschaltkreis 2 zum digitalen Signalprozessor 9 übertragen.

Die Hörproben werden in einem Flash-Speicher gespeichert. Flash-Speicher bieten den in vorliegender Anwendung grossen Vorteil, Daten nichtflüchtig speichern und doch ohne besondere Massnahmen auch wieder löschen zu können. Zur  
5 Verbindung zwischen Flash-Speicher 13 und Signalprozessor 9 dient ein Bus 14, der sowohl Adressen als auch Daten überträgt.

Über einen zweiten seriellen Anschluss ist ein Multiplexer  
10 16 angeschlossen. Der Multiplexer verbindet den Signalprozessor 9 je nach Betriebszustand mit der Aufnahmeeinheit für die Hörproben oder mit dem Interphaseschaltkreis 17, über den der Datenaustausch zur Zentrale abgewickelt wird.

15 Die Aufnahmeeinheit besteht aus einem Mikrophon 18 und einem darauffolgenden A/D-Wandlereinheit 19, die neben dem eigentlichen A/D-Wandler noch Verstärker, Filter (Antialiasing-Filter) und andere übliche Massnahmen  
20 enthalten kann, um ein digitales Signal sicherzustellen, das möglichst korrekt die Aufnahme durch das Mikrophon repräsentiert.

Die Stromversorgung 20 kann eine Batterie (Lithium-Zelle)  
25 oder ähnliches sein. Denkbar ist auch ein Akkumulator in Verbindung mit einer kontaktlosen Aufladung durch elektromagnetische Induktion oder eine Fotozelle.

Zur Verbindung mit der Aussenwelt, insbesondere zur  
30 Datenübertragung an die Auswertungszentrale, verfügt der Monitor 1 über einen bidirektionalen Datenanschluss 21, einen Reseteingang 22, einen Synchronisationseingang 23 und einen Stromanschluss 24. Das Anliegen einer Stromversorgung am Stromanschluss 24 wird auch dazu verwendet, um  
35 festzustellen, dass der Monitor in die Betriebsart für die

Datenübertragung übergehen soll. Zum Beispiel kann der Monitor mit einer Basisstation verbunden werden, die eine Verbindung z. B. über Telefon mit einer Zentrale herstellt. Eine andere Möglichkeit besteht im Einschicken des Monitors an die Zentrale, wo er an eine Auslesestation angeschlossen wird. Neben der Datenübertragung kann bei dieser Gelegenheit auch eine Synchronisation des Uhrenschaltkreises 2 mit der Uhr der Zentrale durchgeführt werden, wie in der EP-A-0 598 682 bereits beschrieben.

10

Der Hörprobenverarbeitungsteil mit dem Signalprozessor 9 und den nötigen Umgebungsbausteinen (Multiplexer 16, Speicher 13, Taktgenerator aus PLL-Schaltung 11 und Quarz 10 usw.) kann, wie in der Darstellung ausgeführt, aus diskreten Bauteilen aufgebaut sein. Für die Integration in eine Armbanduhr ist jedoch die Zusammenfassung der Funktionen in möglichst wenige Bauelemente nötig, die im Extremfall in einen einzigen, anwendungsspezifischen Schaltkreis 30 münden kann. Als Signalprozessor könnten z. B. solche der Reihe TMS 320C5x (Hersteller: Texas Instruments), in dem u. a. der Multiplexer 16 bereits enthalten ist, und als Speicher Flash-RAMs des Typs AM29LV800 (Hersteller: Amdahl) mit 8 MBit Speicherkapazität eingesetzt werden. Mit einer solchen Speicherkapazität und der Verwendung des im folgenden beschriebenen, erfindungsgemässen Komprimierungsverfahrens für die Hörprobendaten kann ein ununterbrochener Betrieb des Monitors von ca. 7 Tagen erreicht werden.

Im Hinblick auf den Energieverbrauch ist es vorteilhaft, wenn die Hörprobenverarbeitungseinheit, insbesondere der Signalprozessor 9, nur periodisch eingeschaltet wird. Wird z. B. eine Hörprobe pro Minute genommen, so genügt es beim Verarbeitungsverfahren gemäss vorliegender Erfindung, den Signalprozessor nur während einiger Sekunden (weniger als 5, z. B. 4 Sekunden) mit Strom zu versorgen. Dazu wird der

Stromversorgung vom Uhrenschaltkreis 2 ein Einschaltsignal 25 zugeführt, bei dessen Anliegen die Hörprobenverarbeitungseinheit mit Strom versorgt wird. Eine weitere Reduzierung des Energieverbrauchs liegt darin, dass auch der Flash-Speicher 13 nur für kurze Zeit mit der für den Speicherprozess nötigen Betriebsspannung versorgt wird, beim oben vorgeschlagenen Typ genügen dafür 3 Millisekunden am Ende jeder Hörprobenaufnahmenverarbeitung. Das hierzu nötige Signal 26 wird vom Signalprozessor 9 erzeugt. Das Programm zur Steuerung des Signalprozessors ist in einem separaten Programmspeicher enthalten, der auch im Signalprozessor selbst integriert sein kann, so dass der Hörprobenverarbeitungsprozess auch bei ausgeschaltetem Flash-Speicher 13 stattfinden kann.

Im weiteren wird das Verfahren zur Verarbeitung der Hörproben beschrieben. Nach der Erfassung des Umgebungsgeräusches (Mikrophon 18) und dessen Analog-Digital-Wandlung nach gängigen Prinzipien (A/D-Wandlereinheit 19) wird eine Aufspaltung in z. B. sechs Frequenzbänder vorgenommen (Figur 2). Dies geschieht durch eine Hierarchie von Tiefpässen 30 - 35. Der jeweils nötige, zum Tiefpass komplementäre Hochpass wird durch eine Subtraktion 36 - 41 des Ausgangssignals 42 - 47 vom jeweiligen Eingangssignal 48 - 53 der Tiefpässe realisiert. Die Subtraktion wird dabei durch eine Addition des negierten Ausgangssignales 42 - 47 der Tiefpässe 30 - 35 durchgeführt.

Die Tiefpassfilter 30 bis 35 werden durch eine 19stellige Faltung realisiert:

$$y_j = \sum_{i=0}^{18} a_i x_{j-i} \quad (1)$$

mit

j : Zeitindex;  
 y<sub>j</sub> : Ausgangswert der Tiefpassfilterung zum Zeitpunkt  
       j;  
 5 x<sub>j</sub> : Eingangswert für Tiefpassfilterung zum Zeitpunkt  
       j;  
 a<sub>i</sub> : Koeffizient der Faltungsfolge;  
 a<sub>0...a<sub>18</sub></sub> : [0.03, 0.0 -0.05, 0.0, 0.06, 0.0, -0.11, 0.0,  
               0.32, 0.50, 0.32, 0.0, -0.11, 0.0, 0.06, 0.0,  
 10         -0.05, 0.0, 0.03].

Im Rahmen der Aufspaltung in Frequenzbänder oder Bandsignale  
 (54) findet bereits eine erste Datenreduktion in der Form  
 statt, dass von der Folge der Ausgabewerte der Hoch- und  
 15 Tiefpassfilterungen jeweils nur jeder zweite Wert von den  
 Schaltern 55 zur nachfolgenden Tief- bzw. Hochpassstufe oder  
 zu den Ausgängen 54 durchgeschaltet wird. Insgesamt ergibt  
 sich hierdurch bereits eine Reduktion des Datenvolumens auf  
 1/8. Bei der beispielhaften verwandten Aufspaltung in sechs  
 20 Bänder resultiert damit eine leichte Ueberkompensation der  
 damit einhergehenden Versechsfachung des Datenvolumens.

Als Kriterium für die Auslegung der Filter gilt, dass ein  
 Band den Inhalt jedes anderen Bandes allenfalls deutlich  
 25 abgeschwächt enthalten darf. Als deutlich abgeschwächt kann  
 als mindestens auf die Hälfte verringert angesehen werden.  
 Idealerweise enthalten die Bänder auch von direkt  
 angrenzenden Bändern nur Reste nahe oder unter der Auflösung  
 der digitalen Zahlendarstellung. In der bevorzugten  
 30 digitalen Ausführung wird dieses Ziel durch  
 Tiefpassfilterung (Faltung) und anschliessende Subtraktion  
 des ausgefilterten Anteils vom Eingangssignal des  
 Tiefpassfilters erreicht.

Die Behandlung der Bandsignale 54 der Bandaufspaltung erfolgt in jedem Band identisch, so dass in Figur 3 und 4 stellvertretend nur die Verarbeitung eines Bandes 56 dargestellt ist. Das Eingangssignal 56, identisch mit  
 5 Ausgangssignal 54, wird zunächst quadriert, indem es den beiden Eingängen eines Multiplizierers 57 parallel zugeführt wird. Diese Quadrierung entspricht bis auf einen Proportionalitätsfaktor der Berechnung des Energieinhalts des Anteils des Umgebungsgeräusches, der durch das Signal 56  
 10 dargestellt wird. Die Energiewerte 58 werden einer Tiefpassfilterung unterworfen. Diese Filterung wird durch eine Faltung über 48 Werte realisiert:

$$y_j^e = \sum_{i=0}^{47} b_i x_{j-i}^e \quad (2)$$

15

mit

- j : Zeitindex der  $y^e$  und  $x^e$ -Werte;  
 $y_j^e$  : Energiewert 58 zum Zeitpunkt j;  
 20  $x_j^e$  : Ausgangssignal des Tiefpassfilters 59 zum Zeitpunkt j;  
 $b_i$  : die Koeffizienten der Faltungsfolge, mit  $b_0 = b_1 = \dots = b_{47} = 1.00$ .

25 Von den Ausgangswerten des Tiefpassfilters 59 wird nur jeder 48ste Wert vom Schalter 60 zur nachfolgenden Differenzierung 61 weitergegeben. Insgesamt ergibt sich hier also eine Datenreduktion auf 1/48 des Eingangsdatenvolumens durch Bildung eines Mittelwertes.

30

Im Differentiator 61 wird jeder hereinkommende Wert um eine Zeiteinheit im Verzögerer 62 verzögert. Der Verzögerer 62 kann z. B. eine FIFO-Warteschlange der Länge 1 sein.

Im Addierer 63 werden die unverzögerten Werte auf die negierten, verzögerten Werte aufaddiert, so dass am Ausgang 64 die Werte für die Differenz zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgende Eingangswerte des Differenzierers 61 zur Verfügung stehen. Diese Differenzen beziehen sich jeweils auf eine bestimmte, konstante und vorbekannte Zeitdifferenz, gegeben durch die Zeiteinheiten und stellen daher eine Näherung an die Ableitung nach der Zeit dar. .

10

Die Energiedifferenzwerte 64 werden der normalisierten Quantisierung unterworfen. Gemäss Figur 4 wird zum einen in der Betragseinheit 65 der Betrag der Energiedifferenzwerte gebildet. Diese Beträge werden einem Maximalwertdetektor 66 zugeleitet, an dessen Ausgang 67 der grössere der an seinen Eingängen 68 anstehenden Werte erscheint. Da an einem der beiden Eingänge 68 das vom Ausgang 67 über einen einstufigen Verzögerer 69 zurückgeführte Ausgangssignal ansteht, bildet sich am Ausgang 67 der Maximalwert aller vom Betragsbildner 65 erhaltenen Werte. Die Maximalwerte durchlaufen einen weiteren Schalter 70, der nur den 32sten Wert weiterleitet, also einen, und zwar den grössten, Wert innerhalb einer Hörprobe (dieses Ausführungsbeispiel setzt eine Hörprobendauer voraus, die in jedem Frequenzband 32 Energiedifferenzwerte 64 je Hörprobe ergibt).

In einer Kehrwert- und Multiplikationseinheit 71 wird die Zahl 128 ( $= 2^7$ ) durch diesen Maximalwert der Hörprobe geteilt und einem Eingang 72 eines Multiplikators 73 zugeführt. Der andere Eingang 74 des Multiplikators 73 erhält dann nacheinander die Energiedifferenzwerte 64 zugeführt, unter denen der Maximalwert bestimmt wurde. Die Differenzwerte 64 werden dazu in einem FIFO-Puffer 75 zwischengespeichert. Im Konverter 76 wird das Resultat der Multiplikation im Multiplikator 73, dessen Werte sich im



Bereich von -127 bis +127 bewegen, in ganze Zahlen im Bereich D von 0 bis 255 umgewandelt entsprechend einem Byte mit 8 Bit. Diese Zahlen werden als Adressen in einer Tabelle (Look-Up-Table, LUT) 77 verwendet, in der jedem Eingangswert  
5 eine Zahl im Bereich  $W = 0$  bis 15, also eine vierstellige Binärzahl, zugeordnet ist. Die in der LUT 77 abgelegte, diskrete Abbildungsfunktion von 8-Bit-Zahlen auf solche mit 4 Bit ist dabei nichtlinear und derart gewählt, dass im Bereich kleiner Eingangszahlen feiner diskretisiert wird als  
10 bei grossen Eingangswerten, also kleine Eingangswerte stärker betont werden. Es kann in diesem Zusammenhang von einer nicht-äquidistanten Quantisierung gesprochen werden.

Die 4-Bit-Werte am Ausgang 78 werden im Flash-Speicher 13  
15 abgelegt (Figur 1).

Die beschriebene Einheit für normalisierte, nicht-äquidistante Quantisierung und Komprimierung ist für jedes Band analog der Darstellung in Figur 3 vorhanden. Insgesamt  
20 ergeben sich damit pro Verarbeitungszyklus 4-Bit-Werte für je  $32 \times 48 \times 8 = 12'288$  vom A/D-Wandler am Eingang 48 (Figur 2) aufgenommene Werte. Bei einer A/D-Wandlungsrate von 3'000 bis 5'000 Wandlungen/s, die die heutzutage verfügbaren A/D-Wandler mit niedrigstem Energieverbrauch bieten, resultiert  
25 eine Hörprobendauer von ca. 2,5 - 4 s. Bei einer angenommenen Rate von einer Hörprobe pro Minute fällt ein Speicherbedarf für die Daten von  $32 \times 6 \times 4 = 768$  Bit/min oder 1'105'920 Bit/d an. Mit dem angegebenen 8-MBit-Speicher wären also ca. 7 Tage in ununterbrochenem Betrieb des  
30 Monitors erfassbar.

Zur Reduktion des Rechenaufwandes werden alle vorgenannten Berechnungen, soweit nicht speziell angegeben, in Ganzzahl- oder Festkommaarithmetik vorgenommen, insbesondere also die

Exponentialdarstellung für Fließkommazahlen vermieden. Die Anzahl Bits, die für die Darstellung einer Zahl verwendet wird, richtet sich im wesentlichen nach dem verwendeten Prozessor und der von ihm vorgesehenen Datenlänge. Die oben  
5 angegebene Prozessorfamilie TMS320C5x verwendet 16-Bit-Arithmetik. Der Binärpunkt wird für die Festkommaarithmetik so gelegt, dass die beschränkte Rechengenauigkeit bei jedem Verarbeitungsschritt optimal genutzt wird und trotzdem die Wahrscheinlichkeit eines Datenüberlaufs ("data overflow")  
10 äusserst gering bleibt. Der Binärpunkt ist daher in den verschiedenen Verarbeitungsschritten unterschiedlich gesetzt. In der bevorzugten Ausführung der Bandaufspaltung repräsentiert das niedrigstwertige Bit den Wert  $2^{-16}$  für die Filterkoeffizienten und den Wert  $2^0$  für die Datenwerte. Die  
15 Energiekonversion und Energiefilterung wird mit 32Bit-Ganzzahlarithmetik berechnet, welche als Aufruf von Standardbibliotheksfunktionen implementiert ist.

Vor dem Speichern im Flash-Speicher oder auch in der  
20 Zentrale können noch gängige Komprimierungsverfahren zusätzlich angewandt werden, die bei der Dekompression die ursprünglichen Daten identisch wiederherstellen.

Zur Vorbereitung der Wiedererkennung der in den Hörproben  
25 eventuell enthaltenen Programmanteile werden zu möglichst genau demselben Zeitpunkt Programmproben, z. B. direkt beim Sender, entnommen und gespeichert. Bevorzugt wird vor dem Vergleich auf die Programmproben das gleiche Verarbeitungs- und Kompressionsverfahren wie auf die Hörproben angewandt.  
30 Dies kann vor der Speicherung oder auch erst beim Auslesen bzw. Abhören der gespeicherten Programmproben erfolgen.

Für die Wiedererkennung kann eines der gängigen Korrelationsverfahren eingesetzt werden. Möglich ist es  
35 auch, zunächst eine Grobkorrelation mit einem

rechengünstigen Verfahren anzuwenden und nur, falls sich eine hinreichend hohe Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer bestimmten Hörprobe ergeben hat, eine genauere und aufwendigere Korrelation durchzuführen. Insbesondere liefert  
5 eine solche vorgängige Grobkorrelation auch eine erste grobe Schätzung für eine doch noch vorhandene, minimale Zeitverschiebung zwischen Hörprobe und den beim Sender aufgenommenen Referenzproben. Beim aufwendigeren Verfahren werden feinere Zeitverschiebungen analysiert und ein  
10 robusteres Vergleichsverfahren angewendet, welches die statistische Verteilung von Programmsignal und Störsignalen berücksichtigt.

Im wesentlichen werden bei der Auswertung die zeitgleich  
15 durch eine stationäre Einheit erfassten Proben jedes Programms mit den Hörproben jedes Monitors verglichen. Eine beispielhafte Vergleichsmethode wird im folgenden Pseudocode dargestellt, der die Korrelation einer Hörprobe eines Monitors beschreibt:

20

Dekomprimiere Daten des Monitors  
OptimaleUebereinstimmung: = -1

FOR StationäreEinheit := 1 TO AnzahlStationäreEinheit DO  
25     Lade digitalisierte Programmproben, welche zur gleichen Zeit aufgenommen wurden wie die Hörproben des Monitors  
      Wende gleiche Vorverarbeitung an wie für Hörproben  
      FOR TimeShift := 1 TO MaxTimeShift STEP Timestep DO  
          (berücksichtigt Gangungenauigkeiten der Zeitgeber mit einer  
30     Schrittweite Timestep)  
          Berechne Uebereinstimmungskoeffizient  $c_t$  mit normierter Korrelation für die aktuelle Zeitverschiebung und weise das Resultat der Variablen AktuelleUebereinstimmung zu  
          IF (AktuelleUebereinstimmung > OptimaleUebereinstimmung) DO  
35             OptimaleUebereinstimmung := AktuelleUebereinstimmung

```
OptimumTimeShift := TimeShift
OptimumstationäreEinheit := stationäreEinheit
ENDIF
ENDFOR
5 ENDFOR

IF(OptimaleÜebereinstimmung > Schwellwert) DO
    Radiosender ist erkannt
    Der richtige Sender liegt im Speicher OptimumStationaryUnit
10 ELSE
    Zu dieser Zeit wurde kein Vergleichsprogramm gehört
    ENDFIF

Dabei wird in der Hörprobe eines Monitors jeweils nur ein
15 von 'AnzahlStationäreEinheit' erfassten Radioprogrammen
ermittelt, nämlich dasjenige, das die höchste
Wahrscheinlichkeit (Wert der Variable
'OptimaleÜebereinstimmung') ergibt.

20 Im einzelnen wird zunächst die optionale, eindeutig
umkehrbare Kompression der erfindungsgemäss behandelten
Hörproben rückgängig gemacht. Danach folgt die
Initialisierung von 'OptimaleÜebereinstimmung' auf den
niedrigsten Wert, der auch "keine Übereinstimmung" angibt,
25 d. h. der Träger des Monitors hat keines der überwachten
Programme gehört.

Die zeitgleich mit der vorliegenden Hörprobe aufgenommene
Programmprobe jeder stationären Einheit (Schleife "For
30 stationäreEinheit := 1 to AnzahlStationäreEinheit ...
EndDo") werden geladen und auf die gleiche Art wie die
Hörprobe behandelt. Wegen doch vorhandener, geringer
Zeitverschiebungen zwischen Hör- und Programmproben wird der
folgende Vergleich für eine gewisse Anzahl 'MaxTimeShift
35 angenommene Zeitverschiebungen durchgeführt (Schleife "For
```

- 17 -

TimeShift := 1 to MaxTimeShift ... Endfor"). Der Vergleich erfolgt durch eine normierte Korrelation von Programm- und Hörprobendaten, wobei diese gemäss der 'TimeShift'-Variable zeitlich gegeneinander nach vorn oder hinten verschoben sind. Um immer eine volle Korrelation über alle Werte der Hörprobe durchführen zu können, werden daher die Programmproben über eine längere Zeitspanne pro Probe aufgenommen, wobei der Beginn um die maximale entsprechende Zeitverschiebung noch zeitlich vorverschoben ist. Die Länge der Programmprobe ist entsprechend so gewählt, dass auch bei maximalem Versatz der Anfänge von Programm- und Hörprobe die Hörprobe noch vollständig in der Programmprobe zeitlich enthalten ist.

Die normierte Korrelation wird nach folgender Formel durchgeführt:

$$c_t = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i \cdot m_{i-t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (s_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (m_{i-t})^2}} \quad (3)$$

t : Zeitverschiebungsindex (= 'TimeShift' im Pseudocode);  
 N : Anzahl korrelierter Werte, in der Regel gleich Anzahl Werte in einer Hörprobe;  
 i : Zeitpunktindex;  
 s<sub>i</sub> : Hörprobenwert zur Zeit i;  
 m<sub>i-t</sub> : Programmprobenwert zur Zeit i, verschoben um t Zeitschritte;  
 c<sub>t</sub> : Korrelationswert für Zeitverschiebung t: -1 ≤ c<sub>t</sub> ≤ 1.

Die c<sub>t</sub>-Werte für verschiedene t-Werte und Programmproben werden verglichen und der insgesamt grösste c<sub>t</sub>-Wert zusammen mit den Angaben über die Bedingungen, unter denen er ermittelt wurde, gespeichert. Diese Angaben bestehen aus der

Zeitverschiebung, der stationären Einheit, d. h. dem Programm, und dem Korrelationswert  $c_t$  selbst.

Liegt der so ermittelte grösste  $c_t$ -Wert oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes, so gilt das entsprechende Programm als in der Hörprobe enthalten. Wird der Schwellwert nicht erreicht, so wird davon ausgegangen, dass keines der Programme gehört wurde.

Da die Korrelation wegen der beträchtlichen Auswahl von Zeitverschiebungen ( $t$  bzw. TimeShift) entsprechend oft durchgeführt werden muss, ist eine Variante mit reduziertem Aufwand denkbar, wobei die Zeitabstände mit gröberer Abstufung behandelt werden. Für diejenigen  $c_t$ -Werte, bei denen ein vorgegebener Schwellwert überschritten ist, wird die Korrelation mit einem robusteren Verfahren und unter Berücksichtigung aller erfassten Zeitverschiebungen wiederholt.

Eine geeignete robuste Korrelation ist

$$r_t = \frac{\sum_{i=1}^N |s_i - a * m_{i-t}|}{\sum_{i=1}^N |s_i|} \quad (4)$$

mit

$r_t$ : "robuster" Korrelationswert;  
 $a$ : Skalierungsfaktor, der die Dämpfung des Programmsignales gegenüber der Hörprobe berücksichtigt;  
 und den übrigen Symbolen wie Formel (3).

Im wesentlichen werden hier also Beträge sowohl der Abweichung zwischen Hörprobe und skaliertem Programmsignal als auch des Hörprobensignales verwendet. Der

Skalierungsfaktor  $a$  wird iterativ so bestimmt, dass der robuste Korrelationswert  $r_t$  minimal wird. Im Vergleich zur normalen Korrelation werden bei der robusten Korrelation grosse Abweichungen nicht so stark bewertet, was die statistischen Verteilungen von Hörprobewerten und Programmsignalwerten berücksichtigt und daher für reale Signale bessere Erkennungsraten ergibt als der normale Korrelationswert  $c_t$ . Insbesondere werden einzelne Hörproben mit grosser Abweichung weniger stark gewichtet.

10

In Versuchen zeigt es sich, dass durch das beschriebene Verfahren nicht nur die bekannten Störeffekte wie Nebengeräusche und Zeitverschiebung durch die Korrelation ausgeschaltet oder wenigstens stark zurückgedrängt werden, sondern auch Dämpfung (Lautsprecher, Übertragungswege, allgem. Akustik) und Echo nur noch wenig Einfluss auf die Erkennung eines Programms haben. Überraschend war es insbesondere, dass oft sogar bei unhörbarem Programmanteil in den Hörproben noch das Programm detektiert werden konnte. Die Unterdrückung von Echoeffekte wird insbesondere auf die zeitliche Mittelung (Filter 59) zurückgeführt, insbesondere deren Auslegung mit einer Zeitkonstante, die grösser ist als die in normaler Umgebung gewöhnlich auftretenden Echozeiten. Eine (akustische) typischerweise frequenzabhängige Dämpfung wird durch die beschriebene geeignete Kombination von Aufspaltung in Frequenzbänder, Normierung auf den Maximalwert und Berücksichtigung der Dämpfung mit dem Skalierungsfaktor  $a$  bei der Berechnung von  $r_t$  (bzw. durch die Art der Berechnung von  $c_t$  kompensiert.

30

Abwandlungen des Ausführungsbeispiels sind dem Fachmann im Rahmen der Erfindung eingängig.

Entsprechend der Fortentwicklung der Technik können andere Bauteile (Signalprozessor, Speicher etc.) verwendet werden.

35

- Denkbar sind insbesondere Alternativen zum Flash-Speicher, z. B. auch batteriegestützte CMOS-Speicher. Kriterium ist, insbesondere für tragbare Monitore wie Armbanduhren, die lange, ununterbrochene Ueberwachungsperiode und
- 5 kleinstmöglicher Energiebedarf. Unter Umständen kann es besser sein, eine schnelle Verarbeitungseinheit mit höherer Verlustleistung einzusetzen, wenn der Energiemehrverbrauch gegenüber einer langsameren Einheit durch nur kurzzeitigen Betrieb mit dazwischenliegenden, inaktiven Pausen mehr als
- 10 kompensiert wird. Neben der vollständigen Abschaltung bieten viele Bausteine auch spezielle Stromsparmodi, z. B. auch der TMS320C5xx. Daneben bewirkt oft auch eine Reduktion der Taktrate einer schnellen Einheit eine starke Reduzierung des Energieverbrauches.
- 15
- Je nach verwendeter Technologie können verschiedene Genauigkeiten oder Stellenzahlen der Binärzahlen verwendet werden. Mit 4-Bit-Endresultaten konnte in Experimenten eine hinreichend sichere Programmerkennung erzielt werden.
- 20 Denkbar ist aber auch, eine Reduktion auf z. B. 3 Bit vorzunehmen, oder eine grössere Anzahl, z. B. 6 Bit, 7 Bit, 8 Bit, vorzusehen. Grössere Binärstellenzahlen sind insbesondere denkbar, wenn kürzere Tragzeiten zugelassen werden oder Speicher höherer Kapazität zur Verfügung stehen.
- 25
- Bei höherer Stellenzahl des Endergebnisses kann es auch notwendig sein, die Stellenzahl in den vorangehenden Stufen mindestens auf die Stellenzahl des Endergebnisses anzuheben.
- 30 Die exakten Werte für die nichtlineare Abbildung durch die Tabelle 77 sowie die Schwellwerte für die Bewertung der Korrelationswerte sind grossenteils nur empirisch bestimmbar. Für die nichtlineare Abbildung ist eine Funktion ähnlich einer Logarithmierung zwar bevorzugt, aber andere
- 35 Funktionen sind denkbar. Denkbar ist auch, umgekehrt die



grossen Werte in D stärker zu betonen und die kleinen Werte für die Energiedifferenzen zu unterdrücken.

Die Faktoren und die Stellenzahl der Faltungen können auch  
5 anders gewählt werden, ebenso eine andere Zahl  
Frequenzbänder, in die die Hörproben aufgespalten werden. Es  
ist insbesondere vorstellbar, bei geänderten A/D-  
Wandlungsgeschwindigkeiten, anderen Echo- und/oder  
Dämpfungskompensationsvorgaben oder geänderten  
10 Hörprobendauern den Tiefpass 59 anzupassen, z. B. durch  
Ändern der Anzahl Stützstellen der Faltung.

Denkbar ist es auch, die Analog-Digital-Wandlung in einem  
späteren Stadium der Kompression durchzuführen, insbesondere  
15 dann, wenn die entsprechenden analogen Schaltungen Vorteile  
hinsichtlich Verarbeitungsgeschwindigkeit oder Platzbedarf  
im Monitor bieten. Es könnte im Extremfall die  
Digitalisierung erst unmittelbar vor Einspeicherung in den  
Speicher vorgesehen werden. Bei Vorliegen eines analogen  
20 Signals ist entsprechend anstatt digitalem Wert in der  
Beschreibung z. B. die Grösse oder Amplitude des Signals zu  
lesen.

Bei der Korrelation ist es auch denkbar, von den Hörproben  
25 nur den Teil zu verwenden, der bei aktueller  
Zeitverschiebung  $t$  noch innerhalb der jeweiligen  
Programmprobe liegt, wenn z. B. Programm- und Hörproben mit  
gleicher Länge aufgezeichnet werden.

30 Eine Alternative für den Tragesensor stellen auch  
marktgängige Bewegungsmelder dar. Eine bekannte Ausführung  
enthält einen Kontakt, der bei Bewegung zwischen geöffnetem  
und geschlossenem Zustand hin- und herschaltet, ohne  
Bewegung jedoch in einem der beiden Zustände verharrt.

## Glossar

- Flash-RAM RAM (s. dort), das die Daten auch bei Stromausfall erhält, jedoch gegenüber klassischen
- 5 nichtflüchtigen Speichern (PROM/EPROM) schneller beschreibbar und leichter löscher ist.
- RAM Schreib-Lese-Speicher
- Zeitindex Nummer eines digitalen Werts in der Folge der Werte, die den Digitalisierer (A/D-Wandler)
- 10 verlassen, meist relativ zum Beginn einer Hörprobe, deren zugehöriger Wert den Zeitindex 0 hat.

- - - - -

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Komprimieren eines elektrischen Audiosignals, das bei einer Aufnahme des Umgebungsgeräusch  
5 durch einen elektroakustischen Wandler, insbesondere eines Mikrofons (18), entsteht, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Grösse des Audiosignals oder eines davon abgeleiteten digitalen oder analogen Signals auf einen ersten  
10 vorgegebenen Bereich D (65 - 76) normiert wird,
  - mittels einer nichtlinearen Abbildung (77) auf einen zweiten vorgegebenen Wertebereich W (78) abgebildet wird, um eine Betonung sensibler Wertebereiche zu erzielen,
  - und das Resultat (78) in digitaler Form in einem  
15 elektronischen Speicher (13) abgelegt wird.
2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine nichtlineare Funktion mit nach grösseren Werten abnehmender Steigung  $dW/dD$  verwendet wird, um eine Betonung der kleinen Werte des ersten Wertebereichs zu erhalten.
- 20 3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Resultat (78) durch Binärzahlen mit einer festen Binärstellenzahl von 3 bis 16 Bit, bevorzugt von 4 bis 8 Bit und insbesondere bevorzugt von 4 Bit dargestellt wird.
- 25 4. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Audiosignal durch Filtern (30 - 35, 36-41) in mindestens 2 Bandsignale (56) aufgeteilt wird, wobei jedes der Bandsignale einen Frequenzbereich des Audiosignals beinhaltet, und jedes Bandsignal den Inhalt der  
30 anderen Bandsignale nur deutlich abgeschwächt, insbesondere auf die Hälfte abgeschwächt, bis gar nicht enthält.

5. Verfahren gemäss Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass 3 bis 15, bevorzugt 4 bis 10, weiter bevorzugt 5 bis 8 und insbesondere bevorzugt 6 Bandsignale erzeugt werden.
6. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandsignale im wesentlichen jeweils Frequenzbereiche gleicher Breite beinhalten und alle Frequenzbereiche im Bereich von 500 Hz bis 10'000 Hz liegen.
7. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandsignale durch einmaliges oder kaskadiertes mehrmaliges Aufspalten eines Eingangssignals (48 - 53), welches das Audiosignal (48) oder eines der Ausgangsbandsignale (49 - 53) ist, durch Anwendung folgender Schritte erzeugt werden:
- erste Tiefpassfilterung (30 - 35) unter Erzeugung eines ersten Ausgangsbandsignals (49 - 47),
  - Subtraktion (36 - 41) des ersten Ausgangsbandsignals vom Eingangssignal (48 - 53) zur Erzeugung eines zweiten Ausgangsbandsignals;
- wobei bevorzugt alle ersten Tiefpassfilterungen (30 - 35) die gleiche Güte aufweisen.
8. Verfahren gemäss Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefpassfilterung (30-35) mittels digitaler Faltung über 10 - 30 Werte, bevorzugt 15 - 25 Werte und insbesondere bevorzugt 19 Werte realisiert wird.
9. Verfahren gemäss Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass für die Tiefpassfilterung die Faltungsterme  $a_i \cdot x_{t-i}$  mit den Koeffizienten  $a_i$ ,  $0 \leq i \leq 18$ , gleich ungefähr {0.03, 0.0 -0.05, 0.0, 0.06, 0.0, -0.11, 0.0, 0.32, 0.50, 0.32, 0.0, -0.11, 0.0, 0.06, 0.0, -0.05, 0.0, 0.03}, durchgeführt wird.

10. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Eingangssignal digitalisiert ist und pro Aufspaltungsstufe (30, 36; 31, 37; 32, 38; ...; 35, 41) jeweils nur jeder nte Werte (55) zum Bandsignal

5 hinzugefügt wird, mit n mindestens 2 und bevorzugt  $n = 2$ , um die Vergrösserung des Datenvolumens bei der Aufteilung in Bandsignale zu kompensieren.

11. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Audiosignal (48) oder einem  
10 davon abgeleiteten Signal (54), insbesondere einem Bandsignal, ein dem Energieinhalt proportionales  
Energiesignal (58) bevorzugt durch Quadrieren (57) erzeugt wird.

12. Verfahren gemäss Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das Energiesignal (58) einer zweiten Tiefpassfilterung unterworfen wird.

13. Verfahren gemäss Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Tiefpassfilterung (59) digital als Faltung über 20 bis 70 Werte, bevorzugt 40 bis 55 Werte,  
20 insbesondere bevorzugt ungefähr 48 Werte vorgenommen wird, wobei die Koeffizienten der Faltung bevorzugt im wesentlichen untereinander gleich und insbesondere bevorzugt gleich 1.0 sind.

14. Verfahren gemäss Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass auf die zweite Tiefpassfilterung eine zweite Datenreduktion (60) folgt, wobei von n gefilterten Energiewerten je einer ausgewählt wird mit n mindestens gleich 2 und bevorzugt gleich der Anzahl Werte der Faltung der zweiten Tiefpassfilterung (59).

15. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass anschliessend eine Differenzierung nach der Zeit (61), bevorzugt durch Bildung der Differenz zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Werten des Signals, durchgeführt wird, um ein Energiedifferenzsignal (64) zu erhalten.
16. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Normierung auf den Wertebereich  $W$ , der durch eine untere Grenze  $W_u$ , bevorzugt 0, und eine obere Grenze  $W_o$  gegeben ist, wobei  $W_o - W_u$  bevorzugt gleich  $2^n - 1$  mit  $n$  einer ganzen Zahl grösser als 4 und bevorzugt gleich 7 ist, dadurch erfolgt, dass von dem Eingangssignal für die Normierung der Maximalwert (67) des Betrags (68) des Eingangssignals innerhalb einer Normierungssignaldauer kleiner oder bevorzugt gleich der Dauer einer Hörprobe gebildet wird, der Kehrwert des Maximalwerts mit  $(W_o - W_u + 1)$  multipliziert wird (71) und dieses Produkt mit jedem Wert des Eingangssignals (64) innerhalb der Normierungssignaldauer multipliziert wird.
17. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass im wesentlichen alle Schritte des Verfahrens in Ganzzahl- oder Festkommaarithmetik durchgeführt werden, bevorzugt in Binärarithmetik mit einer von der verwendeten Recheneinheit (9) vorgegebenen Stellenzahl.
18. Vorrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Hörprobeneinheit mit mindestens einem Signalprozessor (9) aufweist, der zur Durchführung mindestens eines Verarbeitungsschritts des Verfahrens bestimmt ist.

19. Vorrichtung gemäss Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass am Prozessor (9) ein nichtflüchtiger Halbleiterspeicher (13) angeschlossen ist, in dem die Resultate des Verfahrens speicherbar sind.

5 20. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 18 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zeitgeber (2) mit der Stromversorgung (20) der Hörprobeneinheit verbunden ist, durch den die Hörprobeneinheit abschaltbar ist, wenn keine  
10 Verarbeitungsaktivitäten benötigt werden, insbesondere in den Perioden zwischen der Verarbeitung je zweier Hörproben, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

21. Vorrichtung gemäss Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromversorgung des nichtflüchtigen Speichers (13) und/oder dieser Speicher (13) selbst mit einem Zeitgeber (2)  
15 verbunden ist, so dass der Speicher im wesentlichen nur für die Dauer des Speichervorgangs der Resultate in Betrieb setzbar ist, um den Energieverbrauch durch den Speicher zu reduzieren.

22. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 18 bis 21,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass sie als gewöhnlich von Personen mitgeführter Gegenstand ausgeführt ist, bevorzugt als Armbanduhr.

23. Verfahren zur Auswertung der Resultate der Hörprobenverarbeitung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 17,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass Programmproben von den überwachten Programmen von mindestens der gleichen Dauer wie die Hörproben aufgezeichnet werden, auf die Programmproben die gleichen Verfahrensschritte wie auf die Hörproben angewandt werden, und eine Berechnung einer ersten  
30 Korrelation der Hörproben mit den bearbeiteten

Programmproben durchgeführt wird, um eine Übereinstimmung aufzufinden.

24. Verfahren gemäss Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme der Programmproben hinreichend vor  
 5 derjenigen der Hörproben begonnen wird und mit einer hinreichend längeren Dauer als die Hörproben erfolgt, so dass Zeitverschiebungen zwischen dem Zeitgeber für die Hörproben und demjenigen für die Programmproben durch  
 10 zeitliches Verschieben der Hörproben gegenüber den Programmproben bei der Korrelation ausgleichbar sind.

25. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 23 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Korrelation eine normierte Korrelation gemäss der Formel

$$c_t = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i m_{i-t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (s_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (m_{i-t})^2}}$$

- 15 ist mit

- N : Anzahl Werte der Hörprobe, die in der Korrelation verwendet werden,  
 t : Zeitverschiebung,  
 s<sub>i</sub> : Hörprobenwert zur Zeit i,  
 20 m<sub>i</sub> : Programmprobenwert zur Zeit i,  
 c<sub>i</sub> : Korrelationswert für Zeitverschiebung t: -1 ≤ c<sub>t</sub> ≤ 1.

26. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der Hörproben mit den Programmproben in zwei Durchgängen durchgeführt wird, wobei  
 25 beim ersten Durchgang eine Hörprobe auf jede Art mit allen Programmproben mittels der ersten, durch eine gröbere Einteilung der Zeitverschiebung mit weniger Aufwand berechenbaren Korrelation verglichen wird, und für die Zeitverschiebung mit Korrelationswerten c<sub>t</sub> oberhalb einer



vorgegebenen Grenze eine zweite, robuste Korrelation mit feinerer Einteilung der Zeitverschiebung, insbesondere mit mindestens der doppelten Zeitauflösung gegenüber der ersten Korrelation, durchgeführt wird, wobei diese zweite

5 Korrelation bevorzugt derart gewählt ist, dass grosse Abweichungen zwischen Hör- und Programmprobe einen geringeren Einfluss auf die Korrelationskoeffizienten als bei der ersten Korrelation haben, und insbesondere bevorzugt gemäss der Formel

10

$$r_t = \frac{\sum_{i=1}^N |s_i - a * m_{i-t}|}{\sum_{i=1}^N |s_i|}$$

mit

N : Anzahl Werte der Hörprobe, die in der Korrelation verwendet werden,

15 t : Zeitverschiebung zwischen Hör- und Programmprobe,

s<sub>i</sub> : Hörprobenwert zur Zeit i,

m<sub>i</sub> : Programmprobenwert zur Zeit i, und

a : Skalierungsfaktor, der die Dämpfung des Programmsignales gegenüber der Hörprobe berücksichtigt;

20 r<sub>t</sub> : Korrelationswert für Verschiebung t, 0 (optimale Korrelation) ≤ r<sub>t</sub> ≤ 1 (keine Korrelation)

durchgeführt wird, wobei a derart bestimmt wird, dass r<sub>t</sub> einen minimalen Wert annimmt.

27. Datenträger, insbesondere magnetischer, optischer oder

25 magnetooptischer, mit einem darauf aufgezeichneten Programm, bei dessen Ausführung das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 17 und/oder der Ansprüche 23 bis 26 ausgeführt wird.

28. Vorrichtung mit mindestens einer programmgesteuerten

30 Prozessoreinheit (9) und einem Speicher zur Aufnahme eines

- 30 -

Programms zur Steuerung der Prozessoreinheit, dadurch  
gekennzeichnet, dass im Speicher ein Programm enthalten  
ist, unter dessen Kontrolle von der Prozessoreinheit  
mindesten eine und bevorzugt alle Operationen der Ansprüche  
5 1 bis 17 ausführbar sind.

- - - - -

### Zusammenfassung

Die Datenmenge, die bei der Aufnahme auch nur kurzer Hörproben durch einen Monitor (1) erzeugt werden, kann  
5 dadurch wesentlich reduziert werden, dass eine Normierung auf einen Wertebereich D erfolgt und anschliessend eine nichtlineare Abbildung auf einen zweiten, bevorzugt kleineren Wertebereich W erfolgt. Das Ergebnis kann in einem elektronischen Speicher aufbewahrt werden. Weitere,  
10 bevorzugt zu treffende Massnahmen sind die Aufspaltung der Hörproben in z. B. 6 Signale, die jeweils ein Frequenzband des ursprünglichen Signals beinhalten, und die Umwandlung der ursprünglichen Amplitudenwerte in Energieänderungswerte bei gleichzeitiger Tiefpassfilterung. Bevorzugt werden alle  
15 diese Bearbeitungsschritte von einem Signalprozessor (9) durchgeführt. Eine kontinuierliche Aufnahmezeit von bis zu 14 Tagen mit einem Monitor in Form einer Armbanduhr ist mit heutiger Technik erreichbar.

20

- - - - -

(Figur 1)

BLANK PAGE

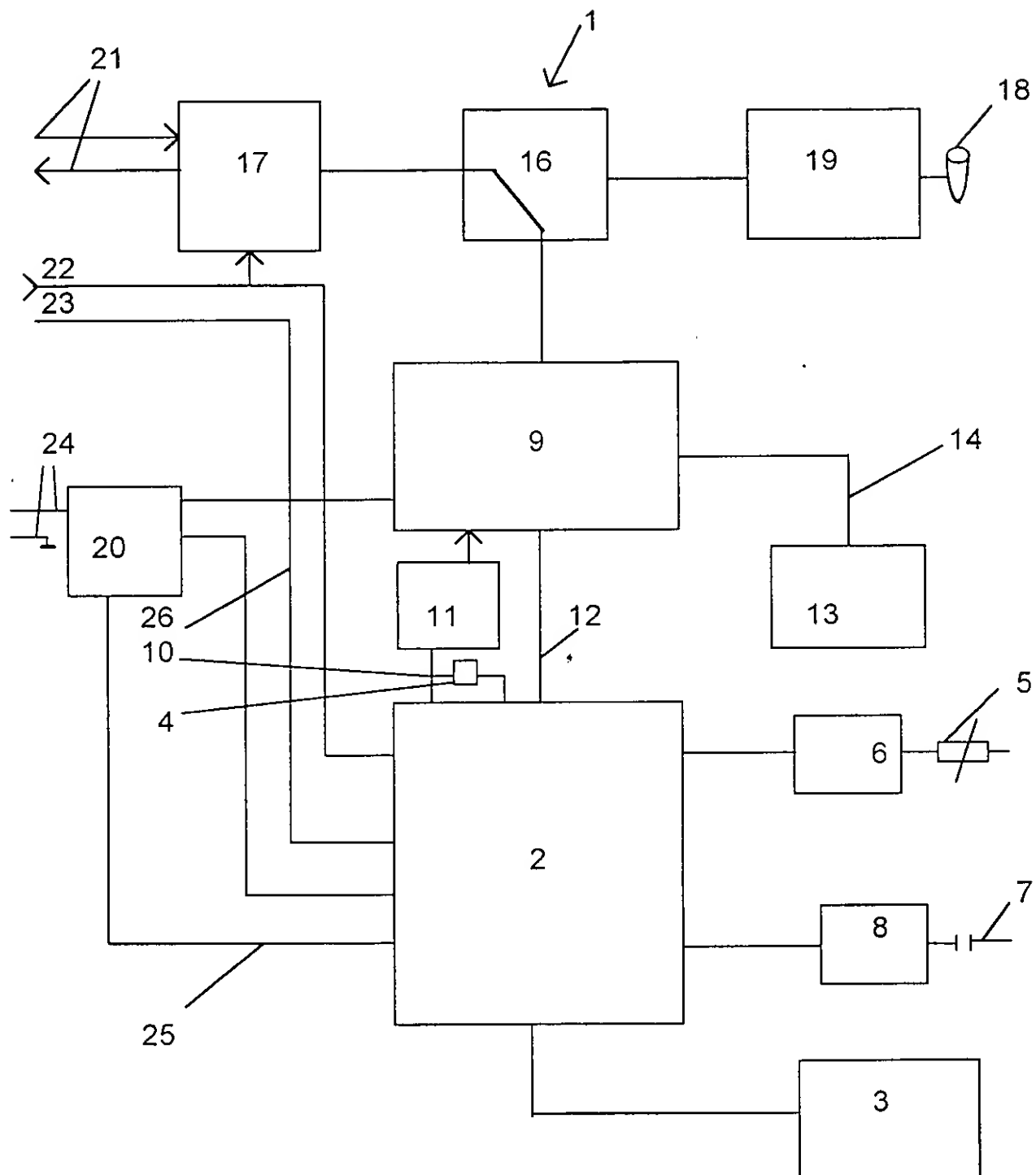


Fig. 1

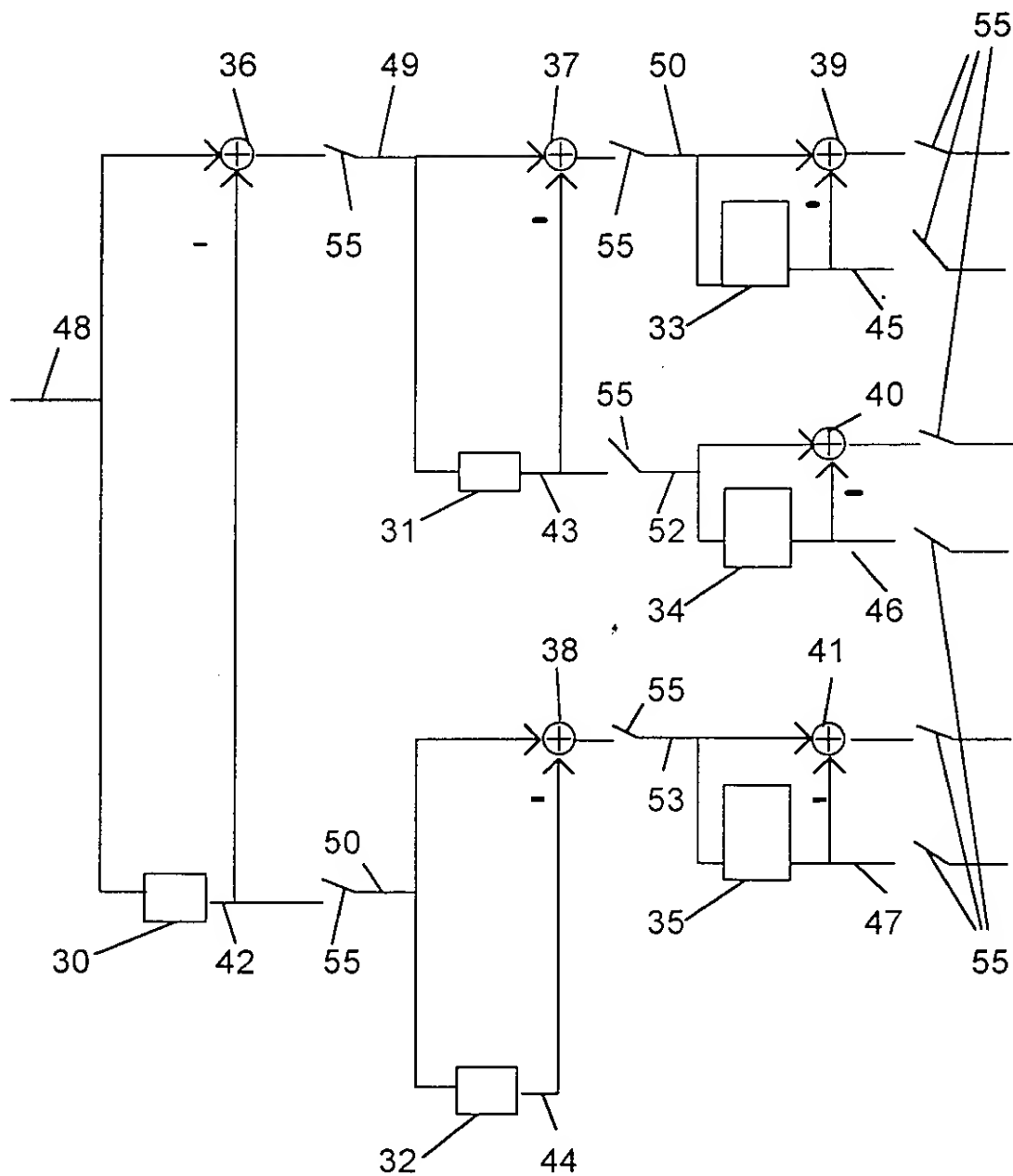


Fig. 2

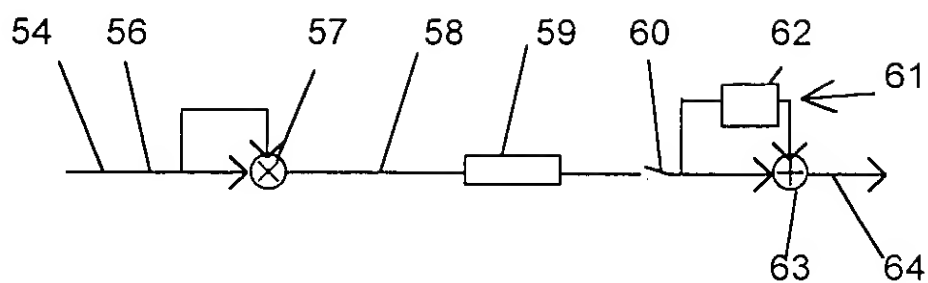


Fig. 3

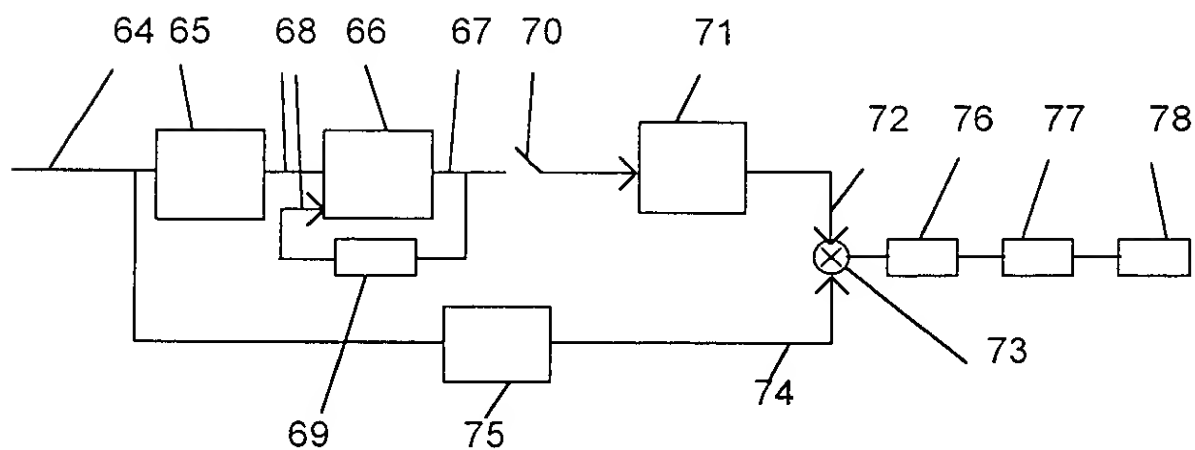


Fig. 4

BLANK PAGE